

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально–педагогический
университет»

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАМЫ ВИБРАТОРА**

Выпускная квалификационная работа
Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
Профиль Машиностроение и материалобработка
Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном про-
изводстве
Идентификационный код ВКР: 614

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально–педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б.Н.Гузанов
«_____» _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка технологического процесса изготовления рамы вибратора

Исполнитель:

студент группы ЗСМ-503

Е.А. Зотов

Руководитель:

к.т.н., доцент

Л.Т.Плаксына

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

Д.Х.Билалов

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 78 листов машинописного текста, 19 рисунков, 14 таблиц, 30 использованных источников литературы, графическую часть на 6 листах формата А1.

Ключевые слова: РАМА ВИБРАТОРА, РОБОТИЗИРОВАННАЯ СВАРКА, ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМОВ СВАРКИ, ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ».

В дипломном проекте разработан технологический процесс сборки и роботизированной сварки рамы вибратора, подобрано оборудование.

В методической части разработана программа переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки».

В экономической части дипломного проекта представлено технико-экономическое обоснование изготовления рамы вибратора.

					<i>ДП 44.03.04. 614 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Разработка технологического процесса изготовления рамы вибратора</i> <i>Пояснительная записка</i>	<i>Лист</i>		<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Зотов Е.А.</i>						
<i>Руковод.</i>		<i>Плаксина Л.Т.</i>					2	78
<i>Реценз.</i>						<i>ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО,</i> <i>каф. ИММ, гр. ЗСМ-503</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Билалов Д.Х.</i>						
<i>Утверд</i>		<i>Гузанов Б.Н.</i>						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Инженерный раздел.....	6
1.1 Описание изделия	6
1.2 Характеристика материала	7
1.3 Выбор способа сварки.....	10
1.4 Выбор сварочных материалов.....	11
1.5 Расчет параметров режимов сварки.....	12
1.6 Выбор оборудования	25
1.7 Технологическая последовательность изготовления рамы вибратора ...	34
2 Экономический раздел	36
2.1 Определение капиталоемких инвестиций.....	36
2.2 Расчет количества оборудования и его загрузки.....	40
2.3 Расчет капитальных вложений	42
2.4 Расчет технологической себестоимости металлоконструкций.....	44
2.5 Расчет полной себестоимости	57
2.6 Расчет основных показателей сравнительной эффективности.....	58
3 Методическая часть	63
3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов	64
3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки»	67
3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	69
3.4 Разработка плана - конспекта урока	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	75
Приложение А - Спецификация	78

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особое значение приобрела проблема рационального использования всех имеющихся ресурсов сырья, материалов и электроэнергии. Повышение эффективности использования материальных ресурсов имеет большое значение, как для экономики отдельного предприятия, так и для государства в целом. От того на сколько рационально и грамотно используются ресурсы зависит как развитие экономики в целом, так и ее отдельных секторов. Результативность использования материальных ресурсов обеспечивает увеличение объемов производимой продукции при тех же размерах материальных затрат, и даже меньших.

Одним из основных направлений в решении этой проблемы является применение автоматической сварки.

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос сборки и сварки рамы вибратора.

В связи с этим была поставлена задача – разработать технологию сварки сборки и сварки рамы вибратора и выбор оборудования для реализаций предлагаемой технологий с последующим применением его на предприятии.

Объектом разработки является технология изготовления металлоконструкции рамы вибратора.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки планки.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса сварки рамы вибратора с использованием роботизированной сварки в среде защитных газов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант;
- проработать и обосновать проектируемый способ сварки рамы вибратора;
- провести необходимые расчеты автоматической сварки в среде защитных газов;

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- выбрать и обосновать сборочное и сварочное оборудование;
- разработать технологию сварки рамы вибратора;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части разработан проектируемый вариант технологического процесса сварки рамы вибратора, включающий роботизированную сварку в среде защитных газов; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства сварки рамы вибратора.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие *методы*:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;
- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1 Инженерный раздел

1.1 Описание изделия

Виброразгрузчик относится к механизации и интенсификации выгрузки смерзшихся или слежавшихся сыпучих грузов из транспортных средств и может быть использован для рыхления и механизированной выгрузки из железнодорожных полувагонов, слежавшихся сыпучих материалов. Техническим эффектом предлагаемого технического решения является выгрузка смерзшихся или слежавшихся сыпучих грузов из железнодорожных полувагонов, имеющих различную высоту, с минимизированной ручной зачисткой, за счет виброразгрузчика, содержащего вибровозбудитель и направляющую раму, со смонтированным в ней, с возможностью вертикального перемещения, рабочим органом со штырями, при этом рабочий орган выполнен в виде плиты со штырями, на которой закреплен двухвальный электромеханический вибровозбудитель, и пригруз-подвеска, прикрепленный к плите посредством пружин; вибровозбудитель, выполнен из двух, снабженных тепловыми датчиками, виброударостойких электродвигателей, на концах валов роторов которых закреплены дебалансы; рама направляющая снабжена направляющими, ловителями, двумя опорными амортизированными балками и двумя откидными опорами; плита снабжена выносными кронштейнами.



Рисунок 1.1 – Виброразгрузчик 7218-М

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		6

Обним из элементов конструкции виброразгрузки является плита.

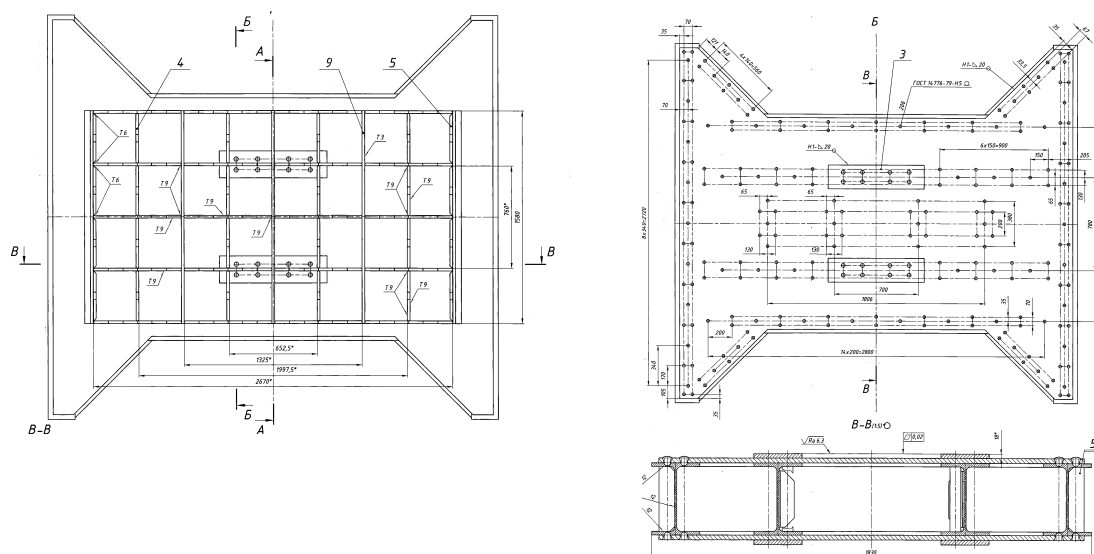


Рисунок 1.2 - Рама вибратора

Плита и рама изготавливаются из стали 09Г2С.

1.2 Характеристика материала

Сталь 09Г2С - сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций. Различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70 до $+425^{\circ}\text{C}$ под давлением. Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 [3] приведен в таблице 1.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
до 0,12	0,5 - 0,8	1,3 - 1,7	до 0,3	до 0,035	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3

Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 приведены в таблице 1.2.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ			Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата				7

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Сортамент	Размер	Напр.	σ_B	σ_T	δ_5	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	кДж/м ²	-
Лист, ГОСТ 5520-79			430-490	265-345	21	590-640	Закалка и отпуск
Сталь	От 10 до 20		1520	1320	21	590	

Технологические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3-Технологические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Свариваемость:	без ограничений
Склонность к отпускной хрупкости:	не склонна

Свариваемость стали

Свариваемость — свойство металлов или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки неразъемное соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. В сварочной практике существуют такие понятия, как физическая и технологическая свариваемость [4].

Свариваемость оценивается степенью соответствия свойств сварного соединения тем же свойствам основного материала и его склонностью к образованию дефектов. Материалы делятся на хорошо, удовлетворительно, плохо и ограниченно свариваемые.

Физическая свариваемость подразумевает возможность получения монолитных сварных соединений с химической связью. Такой свариваемостью обладают практически все технические сплавы и чистые металлы, а также ряд сочетаний металлов с неметаллами.

Технологическая свариваемость — это характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами. В этом случае сварива-

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

емость рассматривается как степень соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям [1].

Эквивалент углерода $C_{\text{ЭКВ}}$, %, определяют по эмпирическим формулам, одна из которых имеет следующий вид:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/5 + \text{V}/5 + \text{Ni}/15 + \text{Cu}/13 \quad (1.1)$$

Если $C_{\text{ЭКВ}} < 0,45$, то говорят, что металл не склонен к образованию холодных трещин.

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,12 + 1,3/6 + 0,3/5 + 0,3/15 + 0,3/13 = 0,43\%$$

Таким образом, основной металл не склонен к образованию холодных трещин.

Определим склонность к образованию горячих трещин по формуле:

$$HCS = \frac{C \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) 1000}{3Mn + Cr + Mo + V}, \quad (1.2)$$

где HCS - параметр, оценивающий склонность сварных швов к образованию горячих трещин, %;

C, S, P и другие химические элементы, %.

$$HCS = \frac{0,12 \left(0,04 + 0,035 + \frac{0,5}{25} + \frac{0,3}{100} \right) 1000}{3 \times 1,3 + 0,3} = 2,8$$

Так как расчетное значение параметра HCS менее 4, появление горячих трещин невозможно.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1.3 Выбор способа сварки

Наиболее распространенными способами сварки конструкционной низкоуглеродистой стали, являются: ручная дуговая сварка покрытым электродом, сварка под слоем флюса, дуговая сварка в защитных газах, сварка порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения без дополнительной защиты, контактная сварка. Перечисленные способы сварки низкоуглеродистой стали, в тех или иных случаях имеют свои достоинства и недостатки. Так, по сравнению с другими способами сварка в защитных газах обладает рядом преимуществ [13]:

- 1) высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и сплавах различной толщины;
- 2) возможность сварки в различных пространственных положениях;
- 3) возможность визуального наблюдения за образованием шва, что особенно важно при полуавтоматической сварке;
- 4) отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;
- 5) высокая производительность и степень концентрации тепла источника позволяют значительно сократить зону структурных превращений;
- 6) малая зона термического влияния;
- 7) низкая стоимость при использовании активных защитных газов;
- 8) возможность полной механизации и автоматизации процессов.

В технологии производства сварной конструкции рамы вибратора, будет использоваться автоматическая сварка, так как сварные швы, которые требуется выполнить, имеют малую и среднюю протяженность.

Таким образом, для изготовления рамы вибратора выбираем автоматическую дуговую сварку в смеси защитных газов К-18 (corgon 18) плавящимся электродом.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1.4 Выбор сварочных материалов

Для полуавтоматической сварки в смеси защитных газов (Corgon 18) сварочными материалами являются: защитный газ и сварочная проволока.

Для получения качественного шва (отсутствие пор) с хорошими механическими свойствами применим легированную сварочную проволоку с повышенным содержанием раскисляющих примесей (марганца и кремния). Наиболее подходящая марка легированной проволоки Св-08Г2С ГОСТ 2246-70. Состав проволоки Св-08Г2С представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.4 - Состав проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 [14]

Марка	C,%	Mn,%	Si,%	Cr,%	Ni,%	S,%	P,%
			не более				
Св-08Г2С	0,05-0,11	1,8-2,10	0,7-0,95	<0,2	<0,25	0,025	0,03

Защитная среда

Целесообразнее применить для защиты сварочной ванны смесь аргона с углекислым газом. На производстве часто применяют смеси аргона, содержащие 20-25% CO₂, а также смесь аргона с 20% CO₂ и 5% O₂. При содержании в смеси до 15% CO₂ могут быть получены те же процессы, что и в чистом аргоне. С увеличением содержания углекислого газа повышается напряжение дуги и уменьшается ее длина. При содержании в смеси более 25% CO₂ процессы сварки становятся близкими к процессам сварки в чистом углекислом газе. Однако только при содержании около 50% CO₂ форма провара становится похожей на форму провара в чистом углекислом газе. Сварка в смеси аргона с 20-25% CO₂ или с 20% CO₂ и 5% O₂ обеспечивает лучшее формирование шва и меньшее разбрызгивание, чем сварка в углекислом газе, а по сравнению со сваркой в аргоне получается лучше форма провара и меньшее излучение дуги; кроме того, в широком диапазоне силы тока можно получить процесс с частыми короткими замыканиями [31].

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

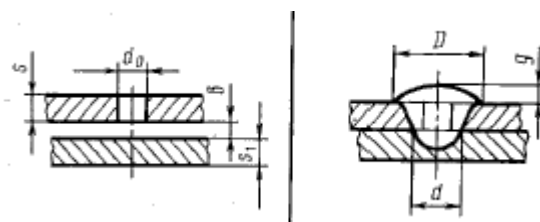
Защитные газовые смеси для сварки плавящимся электродом на основе аргона:

- газовая смесь Corgon 18 (К-18). Это наиболее универсальная из всех смесей для углеродисто-конструкционных сталей. Состоит из 82% аргона и 18% двуокиси углерода. Подходит практически для всех типов материалов;
- газовая смесь К-3.2. Это смесь 86% аргона, 12% двуокиси углерода, 2% кислорода. Дает устойчивую дугу с широкой зоной нагрева и хорошим проваром профиля, подходит для глубокого провара, сварки коротких швов и для ручной, автоматической и сварки применением робота-автомата;
- газовая смесь К-3.3. Это смесь 78% аргона, 20% двуокиси углерода, 2% кислорода, специально разработанная для глубокого провара широкого ассортимента профилей. Смесью хорошо подходит для наплавки и сварки толстых прокатных (сортовых) сталей.

После изучения характеристик газовых защит выбираем для механизированной сварки газовую смесь Corgon 18 (К-18).

1.5 Расчет параметров режимов сварки

Рама вибратора, как сварная конструкция собрана и сварена соединениями Н5 ГОСТ 14776 – 79, Т3, Т9, Т6, У8 по ГОСТ 14771 – 76.



$$S=10, d_0=18, d=20, D=28, g=4$$

Рисунок 1.3 – Соединение Н5 по ГОСТ 14776-79, сварной шов №1

Данное сварное соединение выполняется по режимам подобранным экспериментальным путем и не подлежит расчету.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		12

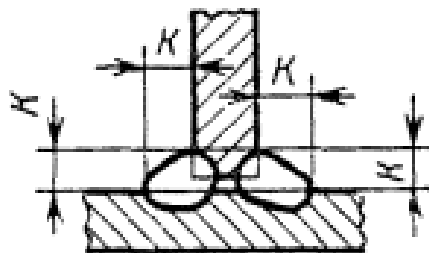
Таблица 1.4 - Параметры режима сварки соединения Н5

$d_{\text{э}}, \text{мм}$	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$l_{\text{э}}, \text{мм}$	$V_{\text{св}}, \text{м/ч}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$V_{\text{шп}}, \text{м/ч}$	$q_{\text{г}}, \text{л/мин}$
1,6	350	16	15 ± 5	25	226	15

Рассчитаем режимы сварки соединения Т3

Таблица 1.5 - Конструктивные элементы сварного соединения Т3 по ГОСТ 14771-76

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.
Т3			ИНп, ИП, УП	0,8-3	0	+0,5
				3,2 - 5,5		+1,0
				6 до 20		+1,5



$$S=20, b=0, k=19$$

Рисунок 1.4 – Соединение Т3 -Δ19 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №2

1. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №2

$$F = \frac{K^2}{2} + 1,05k \quad (1.3)$$

$$F = \frac{19^2}{2} + 1,05 \cdot 19 = 200,45 \text{ мм}^2$$

где K – катет шва, $K = 19 \text{ мм}$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		13

При сварке угловых швов в нижнем положении (не в лодочку) допускается
 $F_n = 35 \text{ мм}^2$ ($K=8\text{мм}$)

Расчет параметров режима сварки корневого шва

Глубину проплавления сварного шва катетом $K = 8 \text{ мм}$ определим по формуле [1]:

$$h_{K1} = (0.7 \div 1.1)K \quad (1.4)$$

$$h_{K1} = (0.7 \div 1.1) \cdot 8 = 5,6 \div 8,8 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Примем $h_{K1} = 6 \text{ мм}$

Скорректируем расчетную глубину проплавления:

$$h_p = 0,6 \cdot h_{K1} - 0,5 \cdot b$$

$$h_p = 0,6 \cdot 6 - 0,5 \cdot 0 = 3,6 \text{ мм}$$

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{\text{э}}$ по формуле [1]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0,625} \quad (1.5)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [1]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 35^{0,625} = 1,1 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1,2 \text{ мм}$, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Рассчитаем значение сварочного тока I_{CB} через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [2]

$$I_{CB} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, A \quad (1.6)$$

$$I_{CB} = \frac{3,6}{2,1} 100 = 171 A$$

Примем $I_{CB} = 175 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [1]

$$l_{\varnothing} = 10d_{\varnothing} \pm 2d_{\varnothing} \quad (1.7)$$

$$l_{\varnothing} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 12 \pm 2,4 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока, $A/\text{мм}^2$

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\varnothing}^2} \quad (1.8)$$

$$j = \frac{4 \cdot 175}{3,14 \cdot 1,2^2} = 155 A / \text{мм}^2$$

Принимаем величину потерь $\Psi = 3,8\%$ [31]

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [1]

$$\alpha_P = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_{\varnothing}^{0,39} \frac{1}{d_{\varnothing}^{0,64}} \quad (1.9)$$

$$\alpha_P = 1,21 \cdot 175^{0,32} \cdot 12^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 17,312 / A \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.10)$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$\alpha_H = 17,31 \frac{100 - 3,8}{100} = 16,65 \text{ г/А·ч}$$

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.11)$$

$$V_{CB1} = \frac{16,65 \cdot 286}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,35} = 0,48 \text{ см/с} = 17,28 \text{ м/ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [1]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.12)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 286 = 28 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_D \eta}{V_{CB}} \quad (1.13)$$

$$q_n = \frac{286 \cdot 28 \cdot 0,75}{0,48} = 12512 \text{ Дж/см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [1]

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$\psi_{\text{ПР}} = K(19 - 0.01I_{\text{CB}}) \frac{d_{\text{э}} U_{\text{д}}}{I_{\text{CB}}} \quad (1.14)$$

$$\psi_{\text{ПР}} = 0,92(19 - 0.01 \cdot 286) \frac{1,2 \cdot 28}{286} = 1,74$$

где $\psi_{\text{ПР}}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента $\psi_{\text{ПР}}$ в пределах $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [1]

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{ПР}}}} \quad (1.15)$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{12075}{2,53}} = 0,56 \text{ см}$$

где h – фактическая глубина проплавления, соответствующая рассчитанному режиму сварки.

Расчётная глубина проплавления составит 5,6 мм, что больше чем заданная минимальная величина равна 3,6 мм. Поскольку при сварке соединения ТЗ прожог невозможен принимаем расчетные значения.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Hi}} \cdot V_{\text{св}} \cdot (1 + 0.01\psi_{\text{Р}})}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.16)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 35 \cdot 17 \cdot (1 + 0.01 \cdot 3.8)}{3.14 \cdot 1,2^2} = 549 \text{ м/ч}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 1.6 - Параметры режима сварки соединения ТЗ,Т9, Т6

$d_{\text{э}}, \text{мм}$	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$l_{\text{э}}, \text{мм}$	$V_{\text{св}}, \text{м/ч}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$V_{\text{шп}}, \text{м/ч}$	$F_{\text{нл}}, \text{мм}^2$
1,2	175 ± 5	$12 \pm 4,2$	17 ± 5	28	549	35

Рассчитаем параметры режима сварки заполняющих валиков

Для сварки заполняющих швов принимаем проволоку диаметром 1,2 мм, чтобы не производить замену кассет после сварки коревых проходов. Величину сварочного тока принимаем исходя из параметров источника питания, обеспечивающего работу с ПВ=100% на величине сварочного тока равной 360 А. Принимаем сечение заполняющего валика $F_{\text{н}} = 55 \text{ мм}^2$. Количество проходов 3.

В технологических целях принимаем проволоку диаметром 1,2 мм

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [1]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.17)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 12 \pm 2,4 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока, А/мм^2

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.18)$$

$$j = \frac{4 \cdot 360}{3,14 \cdot 1,2^2} = 320 \text{ А/мм}^2$$

Принимаем величину потерь $\Psi = 1,5 \%$ [31].

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [1]

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{\text{св}}^{0,32} \cdot l_{\text{э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{э}}^{0,64}} \quad (1.19)$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 360^{0,32} \cdot 1,2^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 18,42 / \text{А} \cdot \text{ч}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.20)$$

$$\alpha_H = 18,4 \frac{100 - 1,5}{100} = 18,12 / A \cdot ч$$

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки второго прохода V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.21)$$

$$V_{CB1} = \frac{18,1 \cdot 360}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,55} = 0,42 \text{ см / с} = 15,2 \text{ м / ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [1]

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.22)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 360 = 32 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}} \quad (1.23)$$

$$q_n = \frac{360 \cdot 32 \cdot 0,75}{0,42} = 20571 \text{ Дж / см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{\text{ПР}}$ по формуле [1]

$$\psi_{\text{ПР}} = K(19 - 0.01I_{\text{CB}}) \frac{d_{\text{Э}} U_{\text{д}}}{I_{\text{CB}}} \quad (1.24)$$

$$\psi_{\text{ПР}} = 0,92(19 - 0.01 \cdot 360) \frac{1,2 \cdot 32}{360} = 1,4$$

где $\psi_{\text{ПР}}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента $\psi_{\text{ПР}}$ в пределах $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.ПР}} = \frac{4 \cdot F_{\text{НП}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01\psi_{\text{ПР}})}{\pi \cdot d_{\text{Э.ПР}}^2} \quad (1.25)$$

$$V_{\text{Э.ПР}} = \frac{4 \cdot 55 \cdot 15 \cdot (1 + 0,01 \cdot 1,5)}{3.14 \cdot 1,2^2} = 744 \text{ м/ч}$$

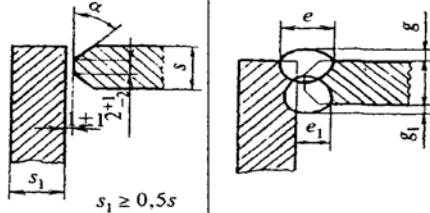
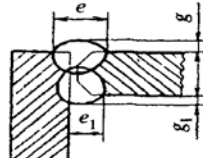
Таблица 1.7 - Параметры режима заполняющих проходов Т3, Т6, Т9

$d_{\text{Э}}$, мм	$I_{\text{СВ}}$, А	$l_{\text{Э}}$, мм	$V_{\text{СВ}}$, м/ч	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{ПР}}$, м/ч	$F_{\text{НП}}$, мм ²
1,2	360±5	12±2,4	15±5	32	744	55

Рассчитаем сварное соединение У8 по ГОСТ 14771-76

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 1.8 – Сварное соединение У8, ГОСТ 14771-76

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	e		e ₁		g = g ₁		α, град. (пред. откл. ±2°)			
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Но-мин.	Пред. откл.	Но-мин.	Пред. откл.	Но-мин.	Пред. откл.				
У8			ИНп, ИП	6—9	7		5	±1	1	±1	50			
				10—12	9		7							
				14—16	13		11							
				18—20	17		15							
			УП	6—10	8	±2	6	±2	2	+1 -2	40			
				11—16	10		8							
				18—22	13		11							
				24—28	16		14							
				30—34	19		17							
				36—40	22		20							
				42—45	26		24							
				48—53	30		28							
				56—63	38	±3	36	±3						
				65—70	42		40							
				75—80	46	±4	44	±4						
				85—90	50		48							
				95—100	54	±5	52	+5						

$$S=20, e_1=15, e_1=17, \alpha=50^0, g=g_1=1$$

2. Расчитаем площадь наплавленного металла

$$F_H = (s \cdot b) + \frac{[s-c]^2}{2} \operatorname{tg} \alpha \quad (1.26)$$

$$F_H = (9 \cdot 1) + \frac{[9-2]^2}{2} 1.19 = 92 \text{ мм}^2$$

Сваркой в защитном газе допускается получение сечений наплавленного металла сварного шва до 65 мм² [1]. Выполним сварку в 2 прохода. Примем для расчетов площадь наплавленного металла 1 прохода равной F_{Н1} = 38 мм². Глубину проплавления корневого шва стыкового соединения определим по формуле [1]:

$$h_{K1} = 0,7 \cdot s - 0,5 \cdot b \quad (1.27)$$

$$h_{K1} = 0,7 \cdot 9 - 0,5 \cdot 1 = 5,8 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки d_э по формуле [1]

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		21

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.28)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [1]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 38^{0.625} = 1,2 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1,2$ мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока $I_{\text{св}}$ через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [1]

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, \text{ А} \quad (1.29)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{5.8}{2.1} 100 = 276 \text{ А}$$

Примем $I_{\text{св}} = 275 \pm 5 \text{ А}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [1]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}}, \quad (1.30)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1.2 \pm 2 \cdot 2,4 = 12 \pm 2,4 \text{ мм}$$

Принимаем величину потерь $\Psi = 1,5\%$ [31]

Рассчитаем j – плотность тока, А/мм^2

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.31)$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$j = \frac{4 \cdot 276}{3,14 \cdot 1,2^2} = 244 \text{ A / мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [1]

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot I_{\Xi}^{0,39} \frac{1}{d_{\Xi}^{0,64}} \quad (1.32)$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 276^{0,32} \cdot 12^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 16,92 / \text{A} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.33)$$

$$\alpha_H = 16,9 \frac{100 - 1,5}{100} = 16,62 / \text{A} \cdot \text{ч}$$

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.34)$$

$$V_{CB1} = \frac{16,6 \cdot 276}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,38} = 0,42 \text{ см / с} = 15,12 \text{ м / ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [1]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.35)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 276 = 27,8 = 28 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$q_n = \frac{I_{CB} U_{\delta} \eta}{V_{CB}} \quad (1.36)$$

$$q_n = \frac{276 \cdot 28 \cdot 0,75}{0,42} = 13307,14 \text{ Дж / см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{\text{ПР}}$ по формуле [1]

$$\psi_{\text{ПР}} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_{\text{э}} U_{\delta}}{I_{CB}} \quad (1.37)$$

$$\psi_{\text{ПР}} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 276) \frac{1,2 \cdot 28}{276} = 1,79$$

где $\psi_{\text{ПР}}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента $\psi_{\text{ПР}}$ в пределах $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [1]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{ПР}}}} \quad (1.38)$$

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{13307,14}{1,79}} = 0,59 \text{ см}$$

где h – фактическая глубина проплавления, соответствующая рассчитанному режиму сварки. Принятая к расчету глубина проплавления ($h_{\text{кл}} = 5,8 \text{ мм}$) и фактиче-

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ская глубина проплавления ($h = 5,9$ мм) практически совпали, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{э.лп}} = \frac{4 \cdot F_{\text{нл}} \cdot V_{\text{св}} \cdot (1 + 0.01 \psi_p)}{\pi \cdot d_{\text{э.лп}}^2} \quad (1.39)$$

$$V_{\text{э.лп}} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 38 \cdot (1 + 0.01 \cdot 1.5)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 558 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.9 - Параметры режима сварки соединения У8 1 проход

$d_{\text{э}}, \text{мм}$	$I_{\text{св}}$	$l_{\text{э}}, \text{мм}$	$V_{\text{св}}, \text{м/ч}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$V_{\text{пп}}, \text{м/ч}$	$F_{\text{нл}}, \text{мм}^2$
1,2	276 ± 5	$12 \pm 2,4$	16 ± 5	28	558	38

Для заполняющего прохода принимаем параметры режима такие как для сварки заполняющего прохода $F_{\text{н}} = 55 \text{ мм}^2$ соединения ТЗ.

Таблица 1.10 - Параметры режима сварки соединения У8 2 прохода

$d_{\text{э}}, \text{мм}$	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$l_{\text{э}}, \text{мм}$	$V_{\text{св}}, \text{м/ч}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$V_{\text{пп}}, \text{м/ч}$	$F_{\text{нл}}, \text{мм}^2$
1,2	286 ± 5	$12 \pm 4,2$	17 ± 5	28	549	35

1.6 Выбор оборудования



Рисунок 1.5 - Сварочный портал

Портал типа НУ для сварки в среде защитного газа сконструирован для полностью механизированного изготовления рамы вибратора с изгибами формы до 13В° из листового металла.

При конструировании этой установки основное внимание было уделено повышению производительности. Высокая степень автоматизации не только повышает качество сварки, но и существенно снижает стоимость производства.

Для раскроя металла выбираем установку лазерного раскроя «FIBERMAK»



Рисунок 1.6 - Оптоволоконная установка лазерного раскроя «FIBERMAK»

Таблица 1.11 - Технические характеристики установки лазерного раскроя «FIBERMAK»

Характеристики	Показатели		
1	2		
Модель станка	2000. 3x1.5	2000. 4x2	2000. 6x2
Резонатор, Ватт	YLS 2000-compact		
Режущая голова	HIGHYAG + PRECITEC HP SSL		
Объём охлаждающей жидкости, л/мин	10		
Мощность источника, Вт	2000	2000	2000
Общее потребление электричества, кВт	30		
Габариты и вес			
Длина, мм	8935	11135	15485
Ширина, мм	3180	3730	3730
Высота, мм	2325	2325	2325
Рабочий диапазон			
Зона обработки, мм	3000x1500	4000x2000	6000x2000
Максимальная нагрузка на стол, кг	1500	2500	4000
Разрезающая способность, мм			
Малоуглеродистая сталь	15		
Нержавеющая сталь	8		
Алюминий	6		
Латунь	5		

Окончание таблицы 1.11

1	2		
Медь	4		
Параметры точности			
Точность позиционирования, мм	± 0,03		
Точность повторения, мм	± 0,015		
Фокусная повторяемость, мм	125-200		
X, U	3050	4050	6050
Y	1550	2050	2050
Z	150	150	150

Кантователь для сборки и сварки рамы вибратора

Кантователь горизонтальный с подъёмными центрами КС-ПЦ предназначен для синхронного подъема, удержания и кантования на 360° крупногабаритных и тяжеловесных деталей и их узлов при проведении сварочных и прочих технологических работ.

Кантователь КС-ПЦ выполнен в климатическом исполнении УХЛ категории размещения 4 по ГОСТ 15150-69 и сохраняет свои основные параметры при температуре окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 40 °С.

Таблица 1.12 - Технические характеристики

Наименование	Макс. грузоподъемность двух подъемных стоек, кг	Макс. частота вращения, об/мин	Угол поворота вращения, градус	Рабочий вертикальный ход, мм	Высота оси вращения от уровня пола, мм	Точность позиционирования, мм	Скорость подъема, м/мин	Тип привода механизмов подъема и вращения	Мощность электродвигателей механизмов подъема/вращения, кВт	Напряжение питания, В
Кантователь с подъёмными центрами горизонтальный	6000	2	360	1400	860...2260	±0,2	1,6	электро-механический	11,0/5,5	380 (50Гц)

Функции кантователя

- Обеспечение требуемого положения изделий на рабочих позициях при сварке.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ					Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						27

- Поворот свариваемой детали вокруг горизонтальной оси для ее помещения в удобное положение.
- Поворот на определенный угол и перемещение изделия для придания благоприятного положения при проведении подготовительных к сварке, сборочных, очистных, отделочных, окрасочных работ.

Кантователь КС-ПЦ состоит из двух подъемных стоек - приводной 1 и ведомой 2, установленных на опорные рамы 3 и 4, закрепленных к бетонному основанию при помощи анкерных болтов; приспособления-спутника 5 с нижними 6 и верхними 7 механизмами фиксации; закрепленного на приводной стойке электроцита управления 8.

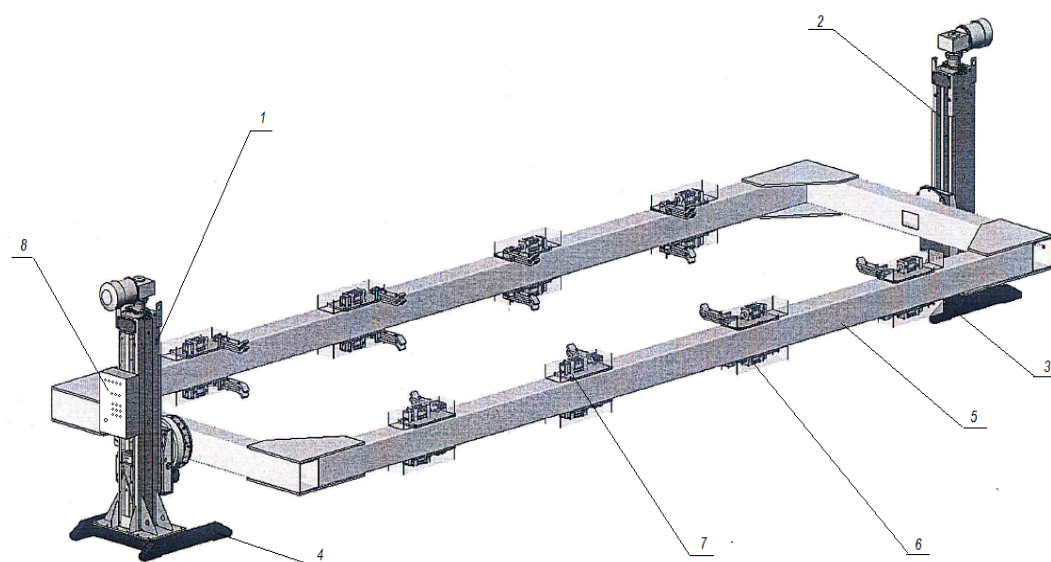


Рисунок 1.7 - Кантователь КС-ПЦ

Подъемные стойки представляют собой сварные колонны, на которых размещены механизмы подъема с электромотором, каретки с закрепленным на ней вращателем.

Механизм подъема предназначен для вертикального перемещения каретки с вращателем и представляет собой винтовой домкрат с электромеханическим приводом.

Вращатель предназначен для крепления к нему адаптера для фиксации рамы вагона и обеспечения ее вращения на 360°. Вращатель состоит из опорно-поворотного устройства с червячной передачей, червячного редуктора, трехфазного асинхронного электродвигателя и соединительной муфты.

Прижимы предназначены для фиксации деталей в приспособлении-спутнике 5. Управление прижимами осуществляется при помощи пневмораспределителей.

Система управления кантователя

Система электрооборудования кантователя может работать в следующих режимах управления:

- Ручной с местной панели управления;
- Автоматический с местной панели управления;
- Дистанционный автоматический по радиоканалу.

Система электрооборудования предназначена для обеспечения работы кантователя в заданном режиме и защиты обслуживающего персонала и его составных частей от аварийных ситуаций.

Система электрооборудования выполняет следующие функции:

- включение и выключение электрооборудования кантователя;
- управление операцией загрузки и вращением кантователя в ручном или автоматическом режиме;
- дистанционное управление исполнительными устройствами кантователя по радиоканалу с переносного пульта;
- непрерывный контроль положения исполнительных механизмов и световую индикацию их на панели управления;
- аварийное завершение испытания при возникновении нештатных режимов работы.

Органы управления, визуализации и световой сигнализации размещены на двери шкафа. Светосигнальный маяк закрепляется снаружи в верхней части шкафа.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

фа или на специальном кронштейне на конструкции кантователя. В комплект дистанционного радиоуправления входят радиоприёмник с выходными исполнительными реле и ручной пульт управления (радиопередатчик).

Робот для дуговой сварки FANUC ARC Mate 100iC/12



Рисунок 1.8 - Робот для дуговой сварки FANUC ARC Mate 100iC/12

Отдайте предпочтение автоматизированным машинам, роботы серии — Arc Mate- это лидеры в области дуговой сварки. Они прекрасно справятся со сварочными работами такими как: дуговая сварка, сварка лазером, пайка мягким припоем и резка. Ряд моделей данной серии созданы для различных потребительских целей, с учетом их пожеланий. Наличие огромного выбора инструментов предоставляет еще большие возможности для выполнения функций. Автоматизированный процесс сварочных работ поможет Вам наладить быструю эффективную работу и сократить производственный цикл. Компактные роботы не только занимают небольшую область рабочей зоны, но и обеспечивают высокую её безопасность. С улучшенным программным обеспечением Arc Tool Вы можете легко управлять технологическим процессом. Система iRVision TorchMate компенсиру-

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		30

ет изменения в работе сварочной горелки, тем самым сводит к минимуму время на техническое обслуживание.

Особенности модели:

- Шестиосевой робот предназначен для работы с большими деталями, за счет объемной рабочей площади
- Отличается универсальностью крепления как в перевернутом виде, под углом так и в стандартном положении, для эффективного использования рабочего пространства
- Выполняет сварочные работы на большой скорости
- Соотношение радиуса рабочего действия и длины хода составляет 1420 мм к 1066 мм
- Совместно с встроенным контроллером R-30iB происходит интеграция с системой сварки, на базе контроллера подключается функция технического зрения

Таблица 1.13 - Технические характеристики

Количество осей	6
Общие сведения	
Вес, кг	130
Технические характеристики станка	
Грузоподъемность, кг	12
Диапазон температур	0°C - +45 °C
Интегрированные компоненты	Восемь встроенных входов и восемь встроенных выходов
Максимальный радиус действия	1420 мм
Стабильность повторяемости	± 0.08 мм
Электропитание	200 - 230 В

Сварочный источник LORCH S-RoboMIG

Источники питания для роботизированной сварки мощностью от 25 до 500 А. Данные аппараты были построены на основе импульсных аппаратов серии S.

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

Они имеют схожую с аппаратами серии S концепцию управления, что позволяет легко и быстро разобраться в управлении данными источниками.



Рисунок 1.9 - Сварочный источник LORCH S-RoboMIG

Контроль качества сварных соединений

Контроль качества шва необходимо производить для выявления наружных дефектов шва.

Для выявления наружных дефектов используем визуально-измерительный контроль шва и МПД (магнитно-порошковая дефектоскопия). Визуально — измерительный контроль (ВИК) сварных швов — это внешний осмотр достаточно крупных сварных конструкций, как невооруженным глазом, так и при помощи различных технических приспособлений для выявления более мелких дефектов, не поддающихся первоначальной визуализации, а также с использованием преобразователей визуальной информации в телеметрическую. ВИК относится к органолептическим (проводится органами чувств) методам контроля и осуществляется в видимом спектре излучений. Визуальное обследование в поисках теоретических дефектов производят с внешней стороны сварного шва, где при их обнаружении можно выполнить минимальные измерения с помощью оптических приборов и инструментов, заключить акт визуального осмотра.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		32

Магнитопорошковый контроль (МПД). Для обнаружения дефекта на поверхность контролируемого изделия наносят магнитный порошок. После намагничивания детали частички порошка соединяются в цепочку, а над дефектом они скапливаются под действием результирующей силы.

МПД предназначен для выявления тонких поверхностных и подповерхностных нарушений сплошности металла - дефектов, распространяющихся вглубь изделий. Такими дефектами могут быть трещины, волосовины, надрывы, флокены, непровары, поры. Чувствительность МПД определяется магнитными характеристиками материала контролируемого изделия, шероховатостью поверхности контроля, ориентацией намагничивающих полей по отношению к плоскости дефекта, качеством дефектоскопических средств и освещенностью контролируемой поверхности.

Виды наружных дефектов: перекося и смещение кромок, неравномерное сечение шва по ширине и толщине, подрезы кромок основного металла, прожоги, не провары, незавершенные углубления швов, наружные трещины в шве, основном металле и др.

Лазерный датчик слежения за швом Scansonic TH 6D

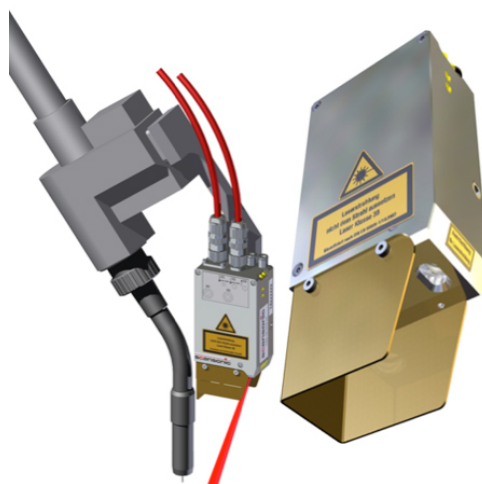


Рисунок 1.10 - Лазерный датчик слежения за швом Scansonic TH 6D

Система оптического слежения за швом TH6D предназначена для использования в автоматизированных производственных процессах лазерной и дуговой сварки, клейки или в других технологических операциях, где требуется четкое и безошибочное позиционирование рабочего инструмента.

Триангуляционный датчик, не касаясь поверхности, определяет шов между деталями и передает информацию роботу о положении шва, размере зазоров, смещениях, а также ориентирует сварочную технику к обрабатываемой поверхности. Датчик очень надежен в эксплуатации. Особенно, благодаря встроенному фильтру, который отсекает посторонний свет, помехи, и обеспечивает бесперебойную работу даже вблизи обрабатываемой поверхности. Качественная обработка сигналов позволяет надежно отслеживать швы на деталях со сложной геометрией и на поверхностях, обладающих высоким коэффициентом отражения.

Таблица 1.14 - Технические характеристики лазерного датчика слежения за швом Scansonic TH 6D

Наименование	M drive Rob 2Standart
Линий измерения	3
Диапазон измерения (ШхВ) мм	16x24
Разрешение, мм	0,03x0,07
Рабочее положение, мм	150(±12)
Диапазон частот, Гц	60-240
Рабочая температура	+10°Сдо+45°С
Размеры (ДхШхВ) мм	70x40x100
Вес, кг	0,53

1.7 Технологическая последовательность изготовления рамы вибратора

Таблица 1.15 – Технология изготовления

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Заготовительная	Раскройка листа на заготовки. Резка в размер	Установка лазерной резки «FI-BERMAK»
2	Транспортировка	Транспортировать заготовки на сборочно-сварочную плиту	Кран мостовой 4 т., Транспортная тележка.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Окончание таблицы 1.15

1	2	3	4
3	Контрольная	Провести контроль габаритных размеров заготовок	Комплект измерительных приборов ГОСТ 7644-80, Рулетка с диапазоном измерений от нуля до 10 000мм
4	Транспортировка	Транспортировать заготовки на сборочно-сварочную плиту	Кран мостовой 4 т., Транспортная тележка.
5	Сборка рамы	Установить, выполнить прихватки L=25 мм шаг 250 мм.	Кантователь КС-ПЦ, п/а Lorch S-RoboMIG. $d_{\text{э}}=1,2$, $I_{\text{св}}=285\text{А}$, $V_{\text{св}}=17$ м/ч, $U_{\text{д}}=25\text{В}$, $V_{\text{пп}}=549$ м/ч, $q_{\text{г}}=15$ л/мин
6	Сварка	Выполнить сварку сварных соединений ТЗ,Т9,Т6 ,У8 по ГОСТ указанный в соответствии с требованиями чертежа	Сварочный робот $d_{\text{э}}=1,2$, $I_{\text{св}}=175\text{А}$, $V_{\text{св}}=17$ м/ч, $U_{\text{д}}=28\text{В}$, $V_{\text{пп}}=549$ м/ч, $q_{\text{г}}=15$ л/мин
7	Зачистка	Провести зачистку сварных швов	Шлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe, круг шлифовальный веерный лепестковый на шпильке
8	Транспортировка	Транспортировать верхнюю рамку и основание на сборочно-сварочную плиту	Кран мостовой 4 т.
9	Сборка	Установить раму на плиту. Выставить плиту на раму	п/а Lorch S- RoboMIG. $d_{\text{э}}=1,2$, $I_{\text{св}}=285\text{А}$, $V_{\text{св}}=17$ м/ч, $U_{\text{д}}=25\text{В}$, $V_{\text{пп}}=549$ м/ч, $q_{\text{г}}=15$ л/мин
11	Сварка	Выполнить сварку Соединение Н5 по ГОСТ 14776-79	Сварочный робот $d_{\text{э}}=1,6$, $I_{\text{св}}=350\text{А}$, $V_{\text{св}}=15\pm 5$ м/ч, $U_{\text{д}}=25\text{В}$, $V_{\text{пп}}=226$ м/ч, $q_{\text{г}}=15$ л/мин
12	Зачистка	Провести зачистку сварных швов	Шлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe, круг шлифовальный веерный лепестковый на шпильке
13	Контрольная	Выполнить визуальный контроль. Выполнить магнитопорошковый контроль	Лупа 4х–10х увеличение, УШС МПД

Вывод: В технологической части разработан проектируемый вариант на основе анализа базового варианта технологического процесса изготовления рамы вибратора, при помощи роботизированной сварки в среде защитного газа. Выбрали способ сварки, сварочные материалы, рассчитали режимы сварки, определили

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

лись со сварочным оборудованием, так же разработали технологию последовательного изготовления изделия.

2 Экономический раздел

В ВКР спроектирован технологический процесс сборки и сварки рамы вибратора с применением автоматической (роботизированной) сварки в среде защитных газов.

По базовому варианту работа выполнялась механизированной (полуавтоматической) сваркой в среде CO_2 . При этом для сборки и сварки использовалась сварочная установка, в состав которой входили: сварочный полуавтомат ПДГ-251 с источником ВДГ-302, сварочная горелка, сварочная плита, баллон с углекислотой.

Проектируемая технология предполагает замену механизированной сварки рамы вибратора на автоматическую сварку в защитной смеси Corgon 18 (К-18) ($\text{Ar}-82\%$; $\text{CO}_2 - 18\%$).

2.1 Определение капиталобразующих инвестиций

Определение технологических норм времени для получения сварного изделия

Общее время на выполнение сварочной операции $T_{\text{шт-к}}$, ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле:

$$T_{\text{шт-к}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{пз}} + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{н}}, \quad (2.1)$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, ч.;

$t_{осн}$ – основное время, ч.;

$t_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, ч.;

$t_{в}$ – вспомогательное время, ч.;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, ч.;

t_n – время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

Основное время ($t_{осн}$, ч) – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_{осн} = \frac{L_{шв}}{V_{св}} \quad (2.2)$$

где $L_{шв}$ – сумма длин всех швов, м $\Sigma L_{шв} = 68,556$ м;

$V_{св}$ – скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч, $V_{св} = 15$ м/ч;

$V_{св}$ – скорость сварки (базовый вариант), м/ч, $V_{св} = 8$ м/ч

Определяем основное время по формуле для обоих вариантов

$$t_{осн} = \frac{69}{8} = 8,6 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = \frac{69}{15} = 4,6 \text{ (проектируемый вариант)}$$

Подготовительно-заключительное время ($t_{пз}$) включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т.д. При его определении общий норматив времени $t_{пз}$ делится на количество деталей, выпущенных в смену. Примем:

$$t_{пз} = 10\% \text{ от } t_{осн}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$t_{нз} = \frac{8,6 \cdot 10}{100} = 0,86 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{нз} = 0,46 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Вспомогательное время ($t_в$) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой $t_э$, осмотр и очистку свариваемых кромок $t_{кр}$, очистку швов от шлака и брызг $t_{бр}$, клеймение швов $t_{кл}$, установку и поворот изделия, его закрепление $t_{уст}$:

$$t_в = t_э + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст} + t_{кл} \quad (2.3)$$

При полуавтоматической и автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволоки. Это время можно принять равным $t_э = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч.}$

Время зачистки кромок или шва $t_{кр}$ (мин.) вычисляют по формуле:

$$t_{кр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_c - 1)) \quad (2.4)$$

где n_c – количество слоев при сварке за несколько проходов, $n_c=3$;

$L_{шв}$ – длина шва, м, $L_{шв} = 69 \text{ м.}$

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле для обоих вариантов

$$t_{кр} = 69 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (3-1)) = 205,7 \text{ мин.} = 3,5 \text{ ч.}$$

Сварка и в базовом и проектируемом варианте производится в один проход. Время на очистку швов от шлака и брызг $t_{бр}$ (мин.) рассчитываем по формуле

$$t_{бр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_c - 1)) \quad (2.5)$$

$$t_{бр} = 3,5 \text{ ч.}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Время на установку клейма ($t_{кл}$) принимают 0,03 мин. на 1 знак, $t_{кл} = 0,21$ мин. = 0,0035 ч.

Время на установку, поворот и снятие изделия ($t_{уст}$) зависит от его массы, данные указаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы

Элементы работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100
	Время, мин						
	вручную				краном		
Установить, повернуть, снять сборочную единицу и отнести на место складирования	1,30	3,00	4,30	6,00	5,20	6,30	8,40

$$t_{уст} = 8,4 \text{ мин.} = 0,14 \text{ ч.}$$

Таким образом рассчитываем значение t_e для обоих вариантов (оно одинаково)

$$t_e = 0,083 + 3,5 + 3,5 + 0,14 + 0,0035 = 7,2 \text{ ч.}$$

Время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д., принимаем равным:

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08) \cdot t_{осн} \quad (2.6)$$

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) по формуле для обоих вариантов

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 8,6 = 0,6 \text{ ч.}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 4,5 = 0,3 \text{ ч.}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении

$$t_n = 0,07 \cdot t_{осн} \quad (2.7)$$

Рассчитываем t_n по формуле для базового и проектируемого вариантов соответственно

$$t_n = 0,07 \cdot 8,6 = 0,6 \text{ ч.}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 4,5 = 0,3 \text{ ч.}$$

Таким образом, расчет общего времени $T_{ит-к}$ на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле

$$T_{ит-к} = 8,6 + 0,86 + 7,2 + 0,6 + 0,6 \approx 17,86 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{ит-к} = 4,6 + 0,46 + 7,2 + 0,3 + 0,3 \approx 12,86 \text{ ч. (проектный вариант).}$$

2.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

1) Время сварки на одно изделие:

$$T_{шт} = L_{шв} / V_{св} \quad (2.8)$$

$$t_{осн} = 8,6 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = 4,6 \text{ ч. (проектируемый вариант).}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Определяем общую трудоемкость *годовой производственной программы* $T_{\text{произв. пр.}}$ сварных конструкций по операциям техпроцесса по формуле (1), где N – годовая программа, *шт.*, в нашем случае $N = 100$ *шт.*

$$T_{\text{произв. пр.}} = T_{\text{шт.}} \cdot N \quad (2.9)$$

где $T_{\text{шт.-к}}$ – штучно-калькуляционное время технологической операции – сварки, ч. на одну металлоконструкцию;

N – годовая программа, шт.

$$T_{\text{произв. пр.}} = 17,86 \cdot 100 = 1786 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 12,86 \cdot 100 = 1286 \text{ ч.}$$

Определим трудоемкость только процесса сварки при выполнении *годовой производственной программы*

$$T_{\text{год}} = t_{\text{осн.}} \cdot N \quad (2.10)$$

$$T_{\text{год}} = 8,6 \cdot 100 = 8600 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{год}} = 4,5 \cdot 100 = 4500 \text{ ч.}$$

Рассчитаем количество единиц сварочного оборудования:

$$C_p = \frac{T_{\text{год.}}}{\Phi_{\delta} \cdot K_H \cdot K_{см}} \quad (2.11)$$

где Φ_{δ} – действительный фонд времени работы оборудования, *час.*

($\Phi_{\delta} = 1914$ *час.*);

K_H – коэффициент выполнения норм ($K_H = 1,1 \dots 1,2$);

$K_{см}$ – количество смен, ($K_{см} = 2$)

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$C_p = \frac{8600}{1914 \cdot 1,2 \cdot 2} = 1,87 \text{шт}$$

$$C_p = \frac{4500}{1914 \cdot 1,2 \cdot 2} = 0,98 \text{шт}$$

Принятое количество оборудования C_p определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%. Таким образом, по базовой технологии используются три рабочих места для сварки годового объема продукции. По новой измененной технологии достаточно двух установок для автоматической сварки в среде защитного газа. Примем для базового варианта $C_{np} = 2$ шт., для проектируемого варианта примем $C_{np} = 1$ шт.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования K_3 производим по формуле

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{np}} \quad (2.12)$$

$$K_3 = \frac{1,87}{2} = 0,94 \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_3 = \frac{0,98}{1} = 0,98 \text{ (проектируемый вариант).}$$

2.3 Расчет капитальных вложений

Для проведения расчета балансовой стоимости оборудования необходимо знать цену приобретения выбранного в технологии оборудования. Для этого представляем исходные данные в виде таблицы.

Таблица 2.2 – Состав и стоимость технологического оборудования

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3	4

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Годовая производственная программа выпуска	шт	100	100
Сварочный полуавтомат ПДГ-251с источником питания ВДГ-302, $\Pi_{онт}$	руб./шт	320000	
Сварочно-сборочный стол	руб./шт	5000	
Роботизированная ячейка, ВСЕГО: сварочный робот FANUC ARC Mate 100iC/12, контроллер KR C4, источник питания TPS/i, Кантователь КС-ПЦ	руб./шт		4600000 3000000 180000 1000000 420000
Приспособление для сборки и сварки	руб./шт		120000
Сварочная проволока Св-08Г2С, Ø 1,2 мм, Π_0	руб./кг	80	80

Рассчитываем балансовую стоимость оборудования при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле

Балансовая стоимость оборудования ($K_{обj}$) определяется:

$$K_{обj} = \Pi_{обj} \cdot (1 + K_{мз}), \quad (2.13)$$

где $\Pi_{обj}$ – цена приобретения одного комплекта оборудования, руб.;

$K_{мз}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты устройство фундамента, монтаж, наладку ($K_{мз} = 0,12$).

$$K_{обj} = \Pi_{обj} \cdot (1 + K_{тз}) \quad (2.14)$$

$$K_{обj} = 325000 \cdot (1 + 0,12) = 364000 \text{ руб.} \quad . \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_{обj} = 4720000 \cdot (1 + 0,12) = 5664000 \text{ руб.} \quad . \text{ (проектируемый вариант).}$$

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объема работ ($K_{об}, \text{руб.}$) определяется по формуле:

$$K_{об} = \Sigma K_{обj} \cdot C_{Пj} \cdot K_{зj}, \quad (2.15)$$

$$K_{об} = 364000 \cdot 2 \cdot 0,94 = 684320 \text{ руб.} \quad . \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_{об} = 5664000 \cdot 1 \cdot 0,98 = 5550720 \text{ руб.} \quad . \text{ (проектируемый вариант).}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		43

где $K_{обj}$ – балансовая стоимость j -ого оборудования, руб.;

$C_{Пj}$ – принятое количество j -ого оборудования, шт.;

$K_{зj}$ – коэффициент загрузки j -ого оборудования, $K_{зj} = 1$, т.к. загрузка участка другой продукцией не предполагается.

Рассчитанные данные заносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Расчеты капитальных вложений по вариантам

Статьи расчетов	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Цена комплекта оборудования, руб.	325 000	4 720 000
Балансовая стоимость оборудования (стоимость приобретения с расходами на монтаж и пуско-наладочные работы), руб.	364 000	5 664 000
Количество комплектов оборудования, шт.	2	1
Суммарные капитальные вложения в технологическое оборудование, руб.	684320	5550720

Определение себестоимости изготовления металлоконструкций

2.4 Расчет технологической себестоимости металлоконструкций

Таблица 2.4 – Данные для расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска изделий

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Сталь 09Г2С, C_k	руб./т	40000	40000
Тариф на электроэнергию, $C_{элм}$	руб./кВт-час	3,16	3,16
Защитный газ CO ₂ , $C_{з.г}$	руб./л	0,08	
Защитный газ (смесь K18), $C_{з.г}$	руб./л		0,13
Расход защитного газа	л/мин	8	26

Длина сварного шва	м	69	69
Квалификационный разряд электросварщика	разряд	4	5
Тарифная ставка, $T_{ст}$	руб.		
Сварщики		144	168
Вспомогательные рабочие		130	130
Масса конструкции	кг	5694	5694

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходом ресурсов при проведении сварочных работ в цехе. Расчет технологической себестоимости проводим по формуле (2.12).

$$C_T = MЗ + З_э + З_{пр}, \quad (2.12)$$

где $MЗ$ - затраты на все виды материалов, основных, комплектующих и полуфабрикатов;

$З_э$ - затраты на технологическую электроэнергию (топливо);

$З_{пр}$ - затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос - 30% от фонда оплаты труда).

Расчет материальных затрат

К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энергоресурсы на технологические цели.

Материальные затраты ($MЗ$, руб.) рассчитываются по формуле (2.13).

$$MЗ = C_{о.м} + C_{др} + C_{эН}, \quad (2.13)$$

где $C_{о.м}$ - стоимость основных материалов в расчете на одно металлоизделие, руб.;

$C_{эН}$ - стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.;

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$C_{др.}$ - стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие.

К основным - относятся материалы, из которых изготавливаются конструкции, а при процессах сварки также учитываются и сварочные материалы: электроды, сварочная проволока, присадочный материал (защитный газ, сварочный флюс).

Стоимость основных материалов ($C_{о.м.}$, руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (2.14).:

$$C_{о.м.} = [C_{к.м.} + C_{св.пр.} + (C_{зг.} + C_{св.фл.})] \cdot K_{тр.}, \quad (2.14)$$

где $K_{тр.}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

Стоимость конструкционного материала ($C_{к.м.}$)

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 20.

$$C_{к.м.} = m_k \times \Pi_{к.м.}, \quad (2.15)$$

где m_k – масса конструкции, $m_k = 5,964$ т;

$\Pi_{к.м.}$ - цена одной тонны конструкционного материала, $\Pi_{к.м.} = 40000$ руб.

$$C_{к.м.} = 5,964 \cdot 40000 = 227760 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 40000 руб. как для базового, так и проектируемого вариантов.

Расчет затрат на электродную проволоку

$$C_{св.пр.} = M_{нм} \cdot \psi \cdot \Pi_{с.п.} \cdot K_{тр.}, \quad (2.16)$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

где $M_{нм}$ – масса наплавленного металла, кг;

ψ - коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в среде CO_2 -
 $\psi = 1,15-1,20$; сварка в смеси K18 $\psi = 1,01-1,04$);

$C_{с.п.}$ - оптовая цена 1 кг сварочной проволоки, $C_{с.п.} = 80$ руб.;

$K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы,
его можно принять в пределах 1,05...1,08.

Масса наплавленного металла $M_{нм}$ рассчитывается по формуле:

$$M_{нм} = V_{нм} \cdot \rho_{нм}, \quad (2.17)$$

где $V_{нм}$ - объем наплавленного металла, $см^3$;

$\rho_{нм}$ - плотность наплавленного металла, $г/см^3$ ($\rho_{стали} = 7,8$ $г/см^3$).

Объем наплавленного металла $V_{нм}$ рассчитывается по формуле:

$$V_{нм} = L_{шв} \cdot F_o, \quad (2.18)$$

где F_o – площадь поперечного сечения наплавленного металла, $см^2$;

$L_{шв}$ - длина сварного шва, см.

Исходные данные для расчетов:

$$L_{шв} = 69 \text{ м} = 6900 \text{ см}$$

$$F_o = 1218 \text{ мм}^2 = 121,8 \text{ см}^2.$$

$$V_{нм} = 69 \cdot 122 = 835012 \text{ см}^3.$$

$$M_{нм} = 835012 \cdot 7,8 = 6513094 \text{ г} \approx 6513,094 \text{ кг}$$

Производим расчеты $C_{св.пр}$ на изготовление одной металлоконструкции по формуле:

$$C_{св.пр} = 6513 \cdot 1,2 \cdot 80 \cdot 1,05 = 656510 \text{ руб. (базовый вариант – сварка в } CO_2)$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$C_{св.пр} = 6513 \cdot 1,02 \cdot 80 \cdot 1,05 = 558034$ руб. (проектируемый вариант – сварка в защитной смеси К-18).

Расчет затрат на защитный газ проводим по формуле (2.19).

$$C_{др} = t_{осн} \cdot q_{зг} \cdot k_p \cdot Ц_{зг} \cdot K_m, \quad (2.19)$$

где $t_{осн}$ – время сварки в расчете на одно металлоизделие, базовый вариант $t_{осн} = 8,6$ ч., проектируемый вариант $t_{осн} = 4,6$ ч.;

$q_{зг}$ – защитного газа, CO_2 – 8 л/мин., смесь К18 – 16 л/мин.;

k_p – коэффициент расхода газа, $k_p = 1,1$;

$Ц_{зг}$ – цена газа за один $дм^3$ газа в свободном состоянии, CO_2 – 0,08 руб./ $дм^3$, смесь К18 – 0,13 руб./ $дм^3$;

K_{mp} – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{др} = 86 \cdot 8 \cdot 1,1 \cdot 0,08 \cdot 1,05 = 63 \text{ руб. (базовый вариант – защитный газ } CO_2)$$

$$C_{зг} = 46 \cdot 16 \cdot 1,1 \cdot 0,13 \cdot 1,05 = 110,5 \text{ руб. (проектируемый вариант – защитная смесь К-18)}$$

Стоимость основных материалов ($C_{о.м}$, руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле:

$$C_{о.м} = (227760 + 656510 + 63) \cdot 1,05 = 928490 \text{ руб.}$$

$$C_{о.м} = (227760 + 558034 + 110) \cdot 1,05 = 825199 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию, $З$, расходуемую на выполнение технологической операции сварки металлоизделия, рассчитываются по следующей формуле:

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$Зэ = \alpha Э \cdot W \cdot ЦЭ, \quad (2.20)$$

где $\alpha Э$ – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг;

W – расход электроэнергии, кВт·ч;

$ЦЭ$ – цена за 1кВт/ч; $ЦЭ = 3,16$ кВт/ч.

Для укрупнённых расчётов при автоматической сварке на постоянном токе величину $\alpha э$ можно принимать равной - 5...8 кВт·ч/кг

$$З_э = 8 \cdot 835012 \cdot 0,752 \cdot 3,16 = 15874046 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$З_э = 5 \cdot 835012 \cdot 0,752 \cdot 3,16 = 9921279 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Материальные расходы ($MЗ$) на основные материалы на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал) рассчитываются по формуле:

По базовому варианту:

$$MЗ = 928490 + 15874046 + 63 = 16802542 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту:

$$MЗ = 825095 + 9921279 + 110 = 10746386 \text{ руб.}$$

Расчет численности производственных рабочих

Определяем численность производственных рабочих (основных рабочих - сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих $Ч_{ор}$, а также сварщиков в их числе $Ч_{св}$ определяется по формуле:

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$Ч_{op} = \frac{T_{произв. пр.}}{\Phi_{др} \cdot n \cdot K_B}, \quad (2.21)$$

$$Ч_{св} = \frac{T_{год.}}{\Phi_{др} \cdot n \cdot K_B} \quad (2.22)$$

где $T_{произв. пр.}$ - трудоемкость производственной программы, час.;
 $\Phi_{др}$ - действительный фонд времени производственного рабочего
($\Phi_{др} = 1870$ час.);
 K_B – коэффициент выполнения норм выработки (1,1... 1,3).

$$Ч_{op} = \frac{8600}{1870 \cdot 1,1} = 4,18 = 5 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{св} = \frac{4500}{1870 \cdot 1,1} = 2,18 = 3 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

примем $Ч_{op} = 5$ человек, $Ч_{св} = 3$ человек.

Расчет расходов на оплату труда производственных рабочих

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих (Зпр) с отчислениями на социальное страхование рассчитывается по формуле (при применении повременной формы оплаты труда сварщиков и вспомогательных рабочих)

$$З_{пр} = (РПВ_{св} + РПВ_{вс}) \cdot К_{пр} \cdot К_{д} \cdot К_{сс} + Д_{вр}, \quad (2.23)$$

$$РПВ = Т_{ст} \cdot \Phi_r \cdot Ч / N \quad (2.24)$$

где Φ_r - годовой действительный фонд времени одного рабочего, час.
($\Phi_r \approx 1870$ час.);

Тст - тарифная ставка; для сварщиков в базовом варианте - 144 руб./час., в проектируемом - 168руб./час.; для вспомогательных рабочих - 130 руб/час.;

Ч - количество рабочих; в базовом варианте сварщиков Ч_{св} = 5 чел. в проектируемом Ч_{св} = 3 чел.

N - годовая программа выпуска металлоизделий, N = 100 шт.

Рпв –расценка за единицу изделия для сварщиков $P_{пв_{св}}$ и вспомогательных рабочих $P_{пв_{вс}}$, руб.;

Кпр – коэффициент премирования, (данные предприятия), Кпр = 1,5;

Ксс – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды (социальный взнос), Ксс = 1,3;

Кд - коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы, (статья «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» отражает выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное в производстве время (оплата отпускных, компенсаций, оплата льготных часов подросткам, кормящим матерям). Размер выплат предусмотрен обычно в пределах 10% - 20% от основной зарплаты), Кд - 1,2;

Двр – доплата за вредные условия труда, руб.

$$P_{пв_{св}} = 144 \cdot 1870 \cdot 5 / 100 = 13464 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{пв_{св}} = 168 \cdot 1870 \cdot 3 / 100 = 9425 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Доплата за вредные условия труда (только для сварщиков) рассчитывается по формуле

$$D_{вр} = T_{ст} \cdot T_{вр} , \quad (2.25)$$

где $D_{вр}$ – доплата за вредные условия труда, руб.;

$T_{ст}$ – тарифная ставка сварщиков, для базового варианта $T_{ст} = 144$ руб.; для проектируемого $T_{ст} = 168$ руб.;

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$T_{вр}$ – время работы во вредных условиях труда,
 $T_{вр} = T_{шт-к}$ (0,05 ... 0,51), мин.; для полуавтоматической и роботизированной сварки коэффициент принимаем соответственно 0,51 и 0,05.

Выполним расчет расходов на оплату труда рабочих $Z_{пр}$ (с учетом доплат за вредность для сварщиков) приходящихся на одно изделие:

$$D_{вр} = 144 \cdot 8,6 \cdot 8,6 \cdot 0,5 = 4954 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Z_{пр} = 13464 + 4954 = 18418 \text{ руб.}$$

$$D_{вр} = 168 \cdot 4,6 \cdot 4,6 \cdot 0,5 = 1777 \text{ руб. (проектный вариант)}$$

$$Z_{пр} = 9425 + 1777 = 3175 \text{ руб.}$$

Выполним расчет расходов на оплату труда рабочих $Z_{пр}$ на годовую программу:

$$Z_{год} = N \cdot Z_{пр}$$

$$Z_{год} = 100 \cdot 18418 = 1841800 \text{ руб. (базов. вариант)}$$

$$Z_{год} = 100 \cdot 11202 = 1120200 \text{ руб. (проект. вариант)}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости Ст изготовления годового объема выпуска металлоконструкций ($N = 100$ шт.) в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска металлоконструкций

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на основные материалы, Со.м , руб.	928490	825095
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), Сэн, руб.	15874046	9921279
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), Зпр, руб.	18418	11202
Технологическая себестоимость, Ст, руб./металлоизделие	16820954	10757578

Расчет производственной себестоимости изготовления металлоизделия

Производственная себестоимость ($C_{\text{пр}}$, руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет $C_{\text{пр}}$ проводят по формуле:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{т}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{хоз}}, \quad (2.26)$$

где $C_{\text{т}}$ – технологическая себестоимость, руб.;

$P_{\text{пр}}$ – общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

$P_{\text{хоз}}$ – общехозяйственные расходы, руб.

В статью «Общепроизводственные расходы» ($P_{\text{пр}}$, руб.) включаются:

- амортизационные отчисления технологического оборудования, установленного в цехе;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;
- расходы на оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов;
- расходы на охрану труда работников и др.

$$P_{\text{пр}} = C_{\text{А}} + C_{\text{р}} + P_{\text{пр}}^* \quad (2.27)$$

где $C_{\text{А}}$ – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_{\text{р}}$ – на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

$P_{\text{пр}}^*$ – расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

Затраты на амортизацию оборудования, приходящиеся на одно изделие ($C_{\text{А}}$), при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии рассчитаем по формуле:

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$C_A = \frac{K_{об} \cdot H_A \cdot n_o \cdot T_{шт-к}}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \cdot K_O \quad (2.28)$$

где $K_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

H_A – норма годовых амортизационных отчислений, %; для механизированной сварки $H_A = 14,7$ %;

Φ_D – действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час. $\Phi_D = 1914$ час.;

$T_{шт-к}$ – время на выполнение сварочной операции на годовую программу производства, час.;

K_O – коэффициент загрузки оборудования, $K_O = 0,9$;

n_o – количество оборудования, шт.;

K_B – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени, $K_B = 1,1$.

Базовый вариант:

$$C_A = \frac{684320 \cdot 14,7 \cdot 2 \cdot 1786}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,93 = 170668 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант

$$C_A = \frac{5550720 \cdot 14,7 \cdot 1286}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,8 = 49449 \text{ руб.}$$

Другие затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования, Ср, руб. рассчитываются по формуле:

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot D}{100} \quad (2.29)$$

где $K_{об}$ – капитальные вложения в оборудование и техоснастку, руб.;

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Значение Д принимается равным 3 %.

$$C_p = \frac{684320 \cdot 3}{100} = 20530 \text{ руб}$$

$$C_p = \frac{5550720 \cdot 3}{100} = 166522 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение), прочие цеховые расходы принимаются в процентах от заработной платы производственных рабочих

$$P_{\text{пп}}^* = \frac{\%P_{\text{пп}} \cdot 3П_o}{100}, \quad (2.30)$$

$$P_{\text{пп}}^* = \frac{18418 \cdot 10}{100} = 1841,8 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{пп}}^* = \frac{11202 \cdot 10}{100} = 1120,2 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

где 3Ппр – заработная плата производственных рабочих, руб.;

%РПР – процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, %. РПР = 10%.

Расчет общехозяйственных расходов. В статью «Общехозяйственные расходы» (Р_{хоз}, руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация зданий и сооружений общезаводского назначения; расходы на содержание зданий и сооружений общезаводского назначения (ремонт и расходы по эксплуатации, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, прочие расходы по содержанию и охране, содержание легкого автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случа-

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ев на производстве и профзаболеваний и т.д.). Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле:

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{\%P_{\text{ХОЗ}} \cdot 3\Pi_o}{100}, \quad (2.31)$$

где 3Π – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;
 $\% P_{\text{ХОЗ}}$ – процент общехозяйственных расходов, $\% P_{\text{ХОЗ}} = 25\%$.

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{25 \cdot 18418}{100} = 4605 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{25 \cdot 11202}{100} = 2801 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Выполним расчет общепроизводственных расходов (2.27)
 по базовому варианту:

$$P_{\text{пр}} = 170668 + 20530 + 1842 = 193040 \text{ руб.}$$

по проектируемому варианту:

$$P_{\text{пр}} = 49449 + 166522 + 1120 = 217091 \text{ руб.}$$

Выполним расчет производственной себестоимости по формуле (2.26)
 По базовому варианту:

$$C_{\text{ПР}} = 16820954 + 193040 + 4605 = 17018599 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$C_{\text{ПР}} = 10757576 + 217091 + 2801 = 10977468 \text{ руб.}$$

2.5 Расчет полной себестоимости

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций, Сп производим по формуле:

$$C_{\text{П}} = C_{\text{ПР}} + P_{\text{к}}, \quad (2.32)$$

где $P_{\text{к}}$ – коммерческие расходы, руб.

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» ($P_{\text{к}}$, руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{к}} = \frac{\%P_{\text{к}} \cdot C_{\text{ПР}}}{100} \quad (2.33)$$

где $\%P_{\text{к}}$ – процент коммерческих расходов от производственной себестоимости, $\%P_{\text{к}} = 0,1-0,5\%$.

$$P_{\text{к}} = \frac{0,1 \cdot 17018599}{100} = 17019 \text{ (базовый вариант)}$$

$$P_{\text{к}} = \frac{0,1 \cdot 10977468}{100} = 10977$$

$$C_{\text{П}} = 17018599 + 17019 = 17035618 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{\text{П}} = 10977468 + 10977 = 10988445 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Результаты расчетов себестоимости изготовления металлоизделий сводятся в таблицу 2.6

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 2.6 – Калькуляция себестоимости по сравниваемым вариантам, руб.

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектируемый вариант	Отклонения (+,-) проектируемый вариант в сравнении с базовым
1	2	3	4
1. Материальные затраты:	928490	825095	103395
2. Затраты на технологическую электроэнергию	15874046	9921279	5952767
3. Заработная плата производственных рабочих	18418	11202	7216
Итого технологическая себестоимость, Ст	16820954	10757576	6063378
4. Общепроизводственные расходы, Р _{ПР}	193040	217091	-24051
Окончание таблицы 2.6			
1	2	3	4
5. Общехозяйственные расходы, Р _{хоз.}	4605	2801	1804
Итого производственная себестоимость, Спр	17018599	10977468	6041131
6. Коммерческие расходы, Р _к	17019	10977	6042
Итого полная себестоимость, Сп	17035618	10988445	6047173

2.6 Расчет основных показателей сравнительной эффективности

Расчет годовой экономии по полной себестоимости, $\Delta C_{\text{п}}$, руб., производим по формуле:

$$\Delta C_{\text{п}} = C_{\text{п1}} - C_{\text{п2}}, \quad (2.34)$$

$$\Delta C_{\text{п}} = 17035618 - 10988445 = 6047173$$

где $C_{\text{п1}}$, $C_{\text{п2}}$ - полная себестоимость годового выпуска продукции по базовому и проектируемому вариантам соответственно.

Технологическая себестоимость в проектируемом варианте меньше технологической себестоимости в базовом варианте за счет снижения расходов на заработ-

ную плату и общехозяйственные нужды, а также за счет снижения коммерческих расходов.

Расчет прибыли от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам, П, руб. рассчитываем по формуле (2.35).

Сначала рассчитываем отпускную цену металлоконструкции (Ц, руб.) по формуле (2.33) по базовому и проектируемому вариантам. Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции, K_p , определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным соответственно в базовом варианте - 1,3; в проектируемом - 1,5.

$$Ц = (C_n * K_p) / N, \quad (2.35)$$

где N – годовой объем выпуска изделий, шт., N = 100

$$Ц_1 = (17035618 \cdot 1,3) / 100 = 221463 \text{ руб.}$$

$$Ц_2 = (10988445 \cdot 1,5) / 100 = 164827 \text{ руб.}$$

Рассчитываем выручку от реализации годового объема металлоизделий (В) по базовому и проектируемому вариантам:

$$В = Ц * N \quad (2.36)$$

$$В_1 = 221463 \cdot 100 = 22146300 \text{ руб.}$$

$$В_2 = 164827 \cdot 100 = 16482700 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой (2.33) по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		59

$$\Pi = B - C_{\Pi}, \quad (2.37)$$

$$\Pi_1 = 22146300 - 17035618 = 5110682 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 16482700 - 10988445 = 5494255 \text{ руб.}$$

Изменение (прирост, уменьшение) прибыли $\Delta\Pi$ в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле:

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (2.38)$$

$$\Delta\Pi = 5494255 - 5110682 = 383573 \text{ руб.}$$

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций, $N_{кр}$) проводим по формуле по базовому и проектируемому вариантам:

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{\Pi - C_{пер.}}, \quad (2.39)$$

где $N_{кр}$ - критический объем выпуска продукции, металлоизделий в расчете на год;

$C_{пост.}$ - постоянные затраты (полная себестоимость годовой производственной программы выпуска металлоизделий C_{Π} , за вычетом технологической себестоимости в расчете на годовую программу выпуска, C_T);

Π - отпускная цена металлоконструкции, руб./изделие;

$C_{пер}$ - переменные затраты, включающие технологическую себестоимость единицы изделия, руб./изделие.

$$C_{пер} = C_{тех}/N \quad (2.40)$$

$$C_{пер} = 16820954/100 = 168209,54 \text{ руб}$$

$$C_{пер} = 10757576/100 = 107575,76 \text{ руб}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$N_{кр1} = \frac{17035918 - 16820954}{221463 - 168210} = 4 \text{ шт.}$$

$$N_{кр2} = \frac{10988445 - 10757576}{164827 - 107576} = 51 \text{ шт.}$$

Расчет рентабельности продукции, R, выполняем по формуле:

$$R = \frac{\Pi}{C_n} * 100 \quad (2.41)$$

$$R_1 = \frac{5110682}{17035618} \cdot 100 = 30\%$$

$$R_1 = \frac{5494255}{10988445} \cdot 100 = 50\%$$

Расчет производительности труда (выработка в расчете на 1 производственного рабочего (в базовых ценах), тыс. руб./чел.), $\Pi_{тр}$ производим соответственно по базовому и проектируемому вариантам:

$$\Pi_{тр} = \frac{B}{Ч_{ор}} \quad , \quad (2.42)$$

$$\Pi_{тр1} = \frac{22146300}{5} = 4429260 \text{ руб./чел.}$$

$$\Pi_{тр2} = \frac{16482700}{3} = 5494233 \text{ руб./чел.}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений, T_o производим по формуле:

$$T_o = \frac{\Delta K_o}{\Delta \Pi} \quad (2.43)$$

$$T_o = \frac{5550720 - 684320}{3835730} = 1,44 \text{ года}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

После проведения экономических расчетов сгруппируем результирующие показатели экономической эффективности в виде таблицы.

Таблица 2.7 – Техничко-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4	5	6
1	Годовой выпуск продукции, N	шт.	100	100	-
2	Выручка от реализации годового выпуска продукции, В	руб.	22146300	16482700	5663600
3	Капитальные вложения, К	руб.	684320	5550720	-486640
4	Технологическая себестоимость металлоизделия, С _т	руб.	16820954	10757576	6063378

Окончание таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
5	Полная себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, С _п	руб.	17035618	10988445	6047173
6	Прибыль от реализации годового объема выпуска, П	руб.	5110682	5494255	-383573
7	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	5	3	2
8	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего, в базовых ценах), П _{тр}	руб./чел.	4429260	5494233	-1064973
9	Рентабельность продукции, R	%	20	50	30
10	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (Т _{ок})	год	1,44		
11	Точка безубыточности (критический объем выпуска металлоизделий)	шт.	4	51	-46

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия эффективен, прежде всего, в сфере эксплуатации за счет повышения качества и увеличения срока службы сварных соединений металлоизделия.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена за счет сокращения доли общепроизводственных и общехозяйственных расходов в удельной себестоимости металлоизделия, поскольку эти затраты, оставаясь неизменными в целом по предприятию, списываются на себестоимость изделий пропорционально заработной плате производственных рабочих.

3 Методическая часть

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология сборки и сварки рамы вибратора. В процессе разработки предложена замена механизированной сварки рамы на электродуговую сварку с использованием роботизированного сварочного комплекса. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на более современное, что позволяет использование сварочного автомата для производства процесса сварки. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор роботизированной сварки» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		63

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. *Профессиональный стандарт* является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

Профессиональные стандарты применяются:

- работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;
- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;
- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301)
2. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426).

На первом этапе рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлени-

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		64

ем» (4-го разряда), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

Таблица 3.1 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор роботизированной сварки» 3 уровень

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор роботизированной сварки
1	2	3
Трудовая функция	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
Трудовые действия	Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением рамы вибратора	Изучает производственное задание, конструкторскую и производственно-технологическую документации. Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты. Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования для сварки в среде защитных газов.
Необходимые умения:	Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением рамы вибратора	Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления для сборки и сварки в среде защитных газов
Необходимые знания	Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением. Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизирован-	Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах. Устройство сварочного и

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

	ной сваркой (наплавкой) плавлением.	вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов. Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов
Другие характеристики:	Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: механизированная сварка рамы вибратора	Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: сварка дуговая в среде защитных газов рамы вибратора
Характеристики выполняемых работ:	прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва; частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций типа рамы вибратора	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор роботизированной сварки» является следующее:

Необходимые знания:

Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку. Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов. Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения. Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие тре-

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		66

бованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправлять выявленные дефекты сварных соединений.

Необходимые умения:

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением, и обозначение их на чертежах. Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов. Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением. Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением Требования к сборке конструкции под сварку. Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения. Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки»

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общепромышленный и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки», который представлен в таблице 3.4. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 3.4 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки» 3-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	62
1.1	Основы экономики отрасли	3
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехника	2
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	52
2.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	122
2.1	Упражнения по роботизированной сварке несложных деталей на учебно-производственном участке	36
2.2	Работа на предприятии	86
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	194

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного план переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 3.5 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Источники питания для роботизированной сварки	8
2	Сварочные материалы	6
3	Оборудование для роботизированной сварки	10
3.1	Устройство и основные узлы роботизированного сварочного автомата	5
3.2	Типовые конструкции сварочной головки	5
4	Технология роботизированной сварки	10
5	Контроль качества сварных швов	10
6	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	8
	Итого:	52

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники роботизированной сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

3.4 Разработка плана - конспекта урока

В рамках теоретического обучения по предмету «Спецтехнология» нами разработана методика проведения урока.

Тема урока «Устройства и принцип работы сварочного робота Fanuc Arc Mate 100iC/8L»

Цели занятия:

Обучающая: Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного робота Fanuc Arc Mate 100iC/8L, их назначении и принципе работы.

Развивающая: развивать техническое и логическое мышление, память, внимание.

Воспитательная: воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета.

Тип урока: урок новых знаний.

Методы обучения: словесный, наглядный, объяснительно иллюстративные методы.

Дидактическое обеспечение занятия:

– плакат «Конструкция сварочного автомата Fanuc Arc Mate 100iC/8L»

Структура урока:

1. Организационный момент;
2. Подготовка обучающихся к изучению нового материала;
3. Сообщение темы и цели занятия;
4. Актуализация опорных знаний;
5. Изложение нового материала;
6. Первичное закрепление изученного материала.
7. Выдача домашнего задания.

План-конспект

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 3.6 - План-конспект

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5 мин.	Здравствуйте, садитесь, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 10 мин	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для роботизированной сварки» Тема занятия: «Устройства и принцип работы сварочного робота Fanuc Arc Mate 100iC/8L» Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного робота Fanuc Arc Mate 100iC/8L, их назначении и принципе работы»	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Актуализация опорных знаний 15 мин.	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам: 1. Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для роботизированной сварки? 2. Расскажите о системе обозначения сварочных роботов.	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.

Продолжение таблицы 3.6

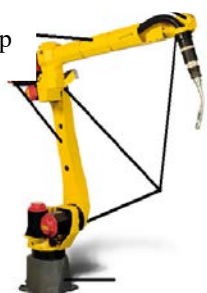
1	2	3
Изложение нового материала 35 минут	Хорошо! Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала по следующему плану: Основные узлы и механизмы сварочного робота; Сварочными роботами принято называть полностью автоматизированные системы для выполнения сварочных работ с возможностью программирования. Основные задачи, которые преследует роботизация — это вывод человека из сварочной зоны, полная автоматизация производства, а значит и повышение производительности в несколько раз. В настоящее время широко применяется автоматическая сварка. Это объясняется большой производительностью, качеством шва и экономически целесообразным решением. Автоматическая сварка широко применяется на конвейерных линиях в машиностроении при сварке корпусов всех видов транспортных средств и строительно-монтажных конструкций при их предварительной сборке и сварке и т. д.	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение. Объясняю основные задачи по внедрению в технологии роботов.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.614 ПЗ

Лист

71

	Давайте рассмотрим основные узлы робота Fanuc Arc Mate 100iC/8L	
	<p>Захват</p> <p>Манипулятор</p>  <p>Поворотный узел</p> <p>Основание</p> <p>Сварочный робот состоит из механической части (собственно робота) и системы управления. Механическая часть робота имеет подвижную руку и шарнирную кисть, в захвате которой закрепляется рабочий инструмент. Сварочный робот, дополнительно комплектуется необходимым сварочным оборудованием. Например, сварочный робот для дуговой сварки в защитном газе имеет сварочную горелку, механизм подачи проволоки, кассету, газовую аппаратуру, источник</p>	<p>Показываю плакат «основные узлы робота Fanuc Arc Mate 100iC/8L» Дальнейшее объяснение веду по плакату</p> <p>Вместе разбираем устройство механизмов, схемы, записываем основные моменты.</p> <p>Рассказываю из каких элементов состоит робот.</p> <p>Диктую под запись.</p>

Окончание таблицы 3.6

1	2	3
---	---	---

	<p>питания сварочного тока. В этом случае в качестве рабочего инструмента робота используется сварочная горелка (при дуговой сварке) или сварочные клещи (при контактной точечной сварке). Механизм функционирует по определённой программе, и может быть перепрограммирован. Важный классификационный признак сварочных роботов – это число степеней свободы, то есть подвижность их руки. С увеличением количества степеней свободы сварочного манипулятора, усложняются производственные задачи, которые сможет выполнить этот механизм. Важно, что прообраз такого устройства – это человеческая рука, обладающая 37 подвижностями. Однако это большое число, которое большинству сварочных роботов просто не требуется, так как выполняемые им операции не многочисленны. Наличие трёх – восьми степеней свободы считается достаточным. Устройства для выполнения сварочных работ могут быть стандартного типа или могут производиться под конкретный заказ, исходя из технических требований заказчика.</p>	<p>Рассказываю о возможных комплектациях сварочного робота, в зависимости от технологических задач.</p> <p>Объясняю, что является рабочим элементом робота.</p> <p>Слушатели записывают.</p> <p>Рассказываю о степенях свободы робота.</p> <p>Отвечаю на вопросы слушателей.</p>
Первичное закрепление 15 мин	<p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Почему внедряют в технологический процесс сварочные роботы? 2.Из каких элементов состоит сварочный робот? 3.Что называется рабочим элементом сварочного робота? 4.Какое число степеней свободы имеет сварочный робот? 	<p>Задаю вопросы.</p> <p>Обобщаю ответы обучающихся</p>
Выдача домашнего задания. 5 минут	<p>Теперь запишем домашнее задание: повторить из каких узлов состоит сварочный робот и сколько степеней свободы имеет.</p>	<p>Разбираем домашние задание, что нужно повторить к следующей теме.</p>

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу преподавателя, которая обеспечивает единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения. Содержание технологического раздела дипломного проекта явилось составной частью методической разработки.

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		73

- изучили и проанализировали Профессиональный стандарт по профессии «Оператор роботизированной сварки»;
- составили учебный план для обучения по профессии «Оператор роботизированной сварки»;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план - конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования - подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		74

В результате выполнения дипломного проекта мной был проанализирован базовый вариант изготовления рамы вибратора, выявлены его минусы. Были рассмотрены другие способы сварки и выбран один, по которому и разрабатывался в дальнейшем дипломный проект. Сделаны расчеты режимов сварки.

Рассчитана экономическая эффективность проектируемого способа, которая доказала, что проектируемый способ является экономически выгодным для производства.

В дипломном проекте произведен расчет экономической эффективности от внедрения проектируемых технологических решений, и разработана программа переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки» уровень квалификации 3.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением /

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.614 ПЗ

Лист

75

А.И.Акулов, Г.А.Бельчук, В.П.Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

2 Теория сварочных процессов: учебник для вузов / А.В. Коновалов, А. С.Куркин, Э.Л.Макаров [и др.]; под ред. В.М. Неровного. — 2-е изд., испр. идоп. – М.: Изд-во МГТУ, 2007. - 752 с. Справочник сварщика / под ред. В.В. Степанова. - М.: Машиностроение, 1975. - 520 с.

3 Кругликов, Г.И. Методика преподавания технологии с практикумом: пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / Г.И. Кругликов, - М: Издательский центр «Академия», 2002. - 80 с.

4 Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства - М.: Машиностроение, 1984. - 368с.

5 Гуревич, СМ. Справочник по сварке металлов / СМ. Гуревич. - Наукова думка, 1981. – 608 с.

6 Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие: в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 544 с.

7 Алешин, Н.П. Сварка, наплавка, контроль: в 2-х томах / Т.1 Н.П. Алешин - М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 428 с.

8 Милютин, В. С. Источники питания для сварки. / В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М. Шанчуров - М.: Айрис - пресс, 2007. - 384 с.

9 Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х Т.1 / Редкол. Г.А. Николаев (пред.) и др. Под ред. Н.А. Олышанского.- М.: Машиностроение, 1978. - 504 с.

10 Чернышов, Г.Г. Технология электрической сварки плавлением. / Г.Г. Чернышов, - М.: Издательский центр Академия, 2006. – 448 с.

11 Походня, И.К. Металлургия дуговой сварки. / Походня, И.К., Явдошин И.Р., Пальцевич А.П., Котельчук А.С. Под редакцией Походни И.К. - Киев: Наукова думка 2004. - 442 с.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		76

- 12 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций / С.А. Куркин. - М.: Машиностроение, 1989г. – 256 с.
- 13 Батышев, С.Я. Профессиональная педагогика: учебник для студентов, обучающихся по педагогическим специальностям и направлениям / С.Я.Батышев [и др.]. – М.: Ассоциация «Профессиональное образование», 1997. – 512 с.
- 14 Беспалько, В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения / В. П. Беспалько. - М.: 1995. – 336 с.
- 15 Бордовская, Н.В. Педагогика: учеб.для вузов. / Н.В. Бордовская, А.А. Реан. – СПб.: Питер, 2003. – 304с.
- 16 Алексеенко, Н.А. Экономика промышленного предприятия: учеб. пособие / Н.А. Алексеенко, И.Н. Гуров. 2-е изд., доп. и перераб. - Минск: Изд-во Гревцова, 2011.- 264 с.
- 17 Волков, О.И. Экономика предприятия: учеб. пособие / О.И. Волков, В.К. Скляренко. 2-е изд. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 264 с.
- 18 Журухин, Г.И. Прикладная экономика: учебник / Г.И.Журухин [и др.]; Под ред. Г.И.Журухина, Т.К.Руткаускас. - Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2015. - 364 с.
- 19 Руткаускас, Т.К. Экономика предприятия: учеб. пособие / Т.К. Руткаускас, Г.И. Журухин. - Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.пед. ун-т», 2015. - 316 с.
- 20 Скакун, В. А. Методика производственного обучения: учебное пособие: в 2 ч. / В.А.Скакун. - М.: Профессиональное образование, 1992.
- 21 Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие: в 2 т. Т.1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.]; под общ.ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил.
- 22 *Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли»* / сост. Л.Т. Плаксина, В.И. Панов, С.А. Задорина. - Екатеринбург: ГОУ ВПО Рос гос. проф.-пед. ун-т, 2008. - 38 с.

23 *Справочное* пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники / В.М. Рыбаков, Ю.В. Ширшов. - М.: Машиностроение, 1972. - 52 с.

24 Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Под редакцией Б.Е. Патона. - М.: Машиностроение, 1974. - 768 с.

25 Троицкий, В.А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В.П. Радько, В.Г. Демидко, В.А Троицкий. - Киев: Вища школа, 2003. -1144 с.

26 ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия / переиздание с поправками и изм. 1 от 18.05.2011 - М.: Госстандарт: Изд-во стандартов, 2011. – 19 с.

27 ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитных газах. Сварочные соединения. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 60 с.

28 Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информационных технологий РГБ; ред. Власенко Т.В.; Web-мастер Козлова Н.В. - Электрон.дан. – М.: Рос.гос. б-ка, 2007. – Режим доступа: <http://www.rsl.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус, англ.

29 Каталог государственных стандартов [Электронный ресурс]: база данных содержит классификатор и базу данных нормативных документов. - Электрон.дан. – М.: RusCable.Ru, 1999. – Режим досупа: <http://gost.ruscable.ru/cgi-bin/catalog>. – Загл. с экрана

30 ГОСТ 2.104 – 68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35 с

31 УралТех газ. – Екатеринбург, 2018.- Режим доступа: http://www.techgaz.ru/svarochnye_gazovye_smesi.html, свободный. – Загл. с экрана.

Приложение А - Спецификация

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		78